植物精油与丁酸钠复合制剂对断奶仔猪生长性能、血清抗氧化指标、粪便菌群及氨逸失的影响

张玲玲[1] 冯 杰[2] 李 慧[3] 曾新福[3] 杨彩梅[1,3*]

（1.浙江农林大学动物科技学院，临安 311300；2.浙江大学动物科技学院，杭州 310058；3.浙江万方生物科技有限公司，安吉 313307）

摘 要：本试验旨在研究植物精油与丁酸钠复合制剂对断奶仔猪生长性能、血清抗氧化指标、粪便菌群及氨逸失的影响。试验选择 300 头体重在（11.20±0.29） kg 的 28 日龄健康“杜×长×大”仔猪，随机分为 3 组，每组 4 个重复，每个重复 25 头猪。对照组饲喂基础饲粮，植物精油组（EO 组）饲喂基础饲粮+1 000 mg/kg 植物精油制剂，植物精油与丁酸钠复合组（ES 组）饲喂基础饲粮+1 000 mg/kg 植物精油与丁酸钠复合制剂。试验期 28 d。结果表明：1）与对照组相比，EO 和 ES 组末重分别提高了 2.64%（P>0.05）和 3.40%（P<0.05），平均日增重分别提高 4.74%（P<0.05）和 6.48%（P<0.05）。EO 和 ES 组平均日采食量均显著高于对照组（P<0.05），料重比均低于对照组（P>0.05）。2）第 14 天时，EO 和 ES 组血清总抗氧化能力（T-AOC）显著高于对照组（P<0.05），血清丙二醛（MDA）含量显著低于对照组（P<0.05）。第 28 天时，EO 组血清 T-AOC 显著高于对照组（P<0.05）。3）EO 和 ES 组第 7、14 和 21 天粪便中大肠杆菌数量均显著低于对照组（P<0.05），ES 组第 7 和 14 天粪便中大肠杆菌数量显著低于 EO 组（P<0.05）。EO 和 ES 组第 7 和 14 天粪便中乳酸杆菌数量均显著高于对照组（P<0.05），ES 组第 7 天粪便中乳酸杆菌数量显著高于 EO 组（P<0.05），ES 组第 21 天粪便中乳酸杆菌数量显著高于对照组（P<0.05）。4）EO 和 ES 组第 14 和 28 天粪便中氨态氮含量和脲酶活性均显著低于对照组（P<0.05）。第 14 天时，ES 组粪便中氨态氮含量显著低于 EO 组（P<0.05）；第 28 天时，ES 组粪便中氨态氮含量和脲酶活性均显著低于 EO 组（P<0.05）。由此可见，植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂都对仔猪生长性能、血清抗氧化指标、粪便菌群及氨逸失有积极的影响，且植物精油与丁酸钠复合制剂效果更好。

关键词：植物精油；丁酸钠；仔猪；生长性能；微生物菌群
中图分类号：S828 文献标识码： 文章编号：

植物精油和丁酸钠都属于安全、环保的抗生素替代品，受到国内外畜牧工作者的广泛关注。植物精油在调节动物肠道菌群、抗菌、提高免疫力、抗氧化、提高生长性能等方面作用明显[1-3]。丁酸钠的主要活性成分是丁酸，丁酸可作为胃肠道上皮细胞的主要能源，改善动物肠道健康，促进动物生长[4-10]。Wen 等[11]研究发现，饲粮中添加 1 000 mg/kg 丁酸钠可以有效影响断奶仔猪肠道菌群的数量和小肠黏膜的形态，显著增加生长性能。本实验室的前期

收稿日期：2017-08-07
基金项目：浙江省重点研发项目（2017C02005）
作者简介：张玲玲（1992-），女，浙江湖州人，硕士，从事动物营养研究。E-mail：2284974146@qq.com
*通信作者：杨彩梅，副教授，硕士生导师，E-mail： yangcaimei2012@163.com

研究结果表明，植物精油和丁酸钠在体外可以协同抑制大肠杆菌和沙门氏菌的生长[12]，但是关于植物精油与丁酸钠复合使用在生产实践上的应用研究较少。因此，本试验旨在研究植物精油与丁酸钠复合使用后对断奶仔猪生长性能、血清抗氧化指标、粪便菌群及氨逸失的影响，以期为植物精油与丁酸钠复合使用在生产实践中的应用提供理论参考。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验选择 300 头体重在（11.20±0.29） kg 的 28 日龄健康“杜×长×大”仔猪，随机分为 3 组，每组 4 个重复，每个重复 25 头猪。对照组饲喂基础饲粮，植物精油组（EO 组）饲喂基础饲粮+1 000 mg/kg 植物精油制剂，植物精油与丁酸钠复合组（ES 组）饲喂基础饲粮+1 000 mg/kg 植物精油与丁酸钠复合制剂。试验期 28 d。基础饲粮参照 NRC（1998）猪的营养需要配制，含抗生素（金霉素），基础饲粮组成及营养水平见表 1。植物精油制剂含 15%肉桂醛和 5%百里香酚，植物精油与丁酸钠复合制剂含 40%丁酸钠+15%肉桂醛+5%百里香酚，植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂均为采用固体分散技术生产的微囊，购自浙江万方生物科技有限公司。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	54.70
次粉 Wheat middling	3.00
豆粕 Soybean meal	18.20
膨化大豆 Extruded soybean	8.00
进口鱼粉 Imported fish meal	5.00
乳清粉 Whey powder	5.00
氯化胆碱 Choline chloride	0.10
磷脂 Phospholipid	2.00
预混料 Premix[1)]	4.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
消化能 DE/(MJ/kg)	13.99
粗蛋白质 CP	19.55
赖氨酸 Lys	1.30
蛋氨酸 Met	0.39
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.70
苏氨酸 Thr	0.77
钙 Ca	0.94
总磷 TP	0.70
有效磷 AP	0.46

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet: Fe 150 mg，

Cu 130 mg，Zn 120 mg，Mn 60 mg，Se 0.25 mg，I 0.3 mg，VA 10 000 IU，VD_3 400 IU，VE 10 IU，VB_1 2.00 mg，VB_2 6.4 mg，VB_6 2.0 mg，VB_{12} 0.009 mg，烟酸 nicotinic acid 15 mg，叶酸 folic acid 0.50 mg，泛酸 pantothenic acid 10.00 mg。

2) 计算值 Calculated values。

1.2 饲养管理

饲养试验在浙江省安吉县正新牧业有限公司进行，试验仔猪于 28 日龄断奶，随后转入已消毒处理好的仔猪舍经 5 d 的过渡期，约 33 日龄进入正式试验期，试验期 28 d。试验仔猪自由采食和饮水，试验期间按猪场正常程序注射疫苗、驱虫。

1.3 指标测定

1.3.1 生长性能指标

于试验开始与结束时，08：00 空腹进行称重，计算仔猪的平均日增重。每天记录耗料量，计算仔猪的平均日采食量和料重比。

1.3.2 血清抗氧化指标

于试验第 14 和 28 天，每组随机选取 8 头仔猪，清晨空腹前腔静脉采血 5 mL 于促凝管中，静置 20 min 后 3 500 r/min 离心 5 min，取上清，用试剂盒对血清抗氧化指标[总抗氧化能力（T-AOC）、总超氧化物歧化酶（T-SOD）活性、丙二醛（MDA）含量]进行测定。试剂盒购自南京建成生物工程研究所，测定方法按照试剂盒说明书进行。

1.3.3 粪便微生物菌群

于试验第 7、14、21、28 天早晨，从每个重复中采集未经污染的粪样约 50 g，用平板计数法进行粪便中乳酸杆菌和大肠杆菌数量的测定。

1.3.4 粪便氨逸失相关指标

于试验第 14、28 天，从每个重复中采集未经污染的粪样约 50 g，加入 10%的盐酸固定，用试剂盒对粪便中氨态氮含量及脲酶活性进行测定。试剂盒购自南京建成生物工程研究所，测定方法按照试剂盒说明书进行。

1.4 数据处理和分析

本试验采用 SPSS 16.0 统计软件进行单因素方差分析，结果用平均值±标准误表示，P<0.05 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪生长性能的影响

由表 2 可知，与对照组相比，EO 和 ES 组末重分别提高了 2.64%（P>0.05）和 3.40%（P<0.05），平均日增重分别提高了 4.74%（P<0.05）和 6.48%（P<0.05）。EO 和 ES 组平均日采食量均显著高于对照组（P<0.05），料重比均低于对照组（P>0.05）。由此可见，饲粮中添加植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂均提高了仔猪生长性能，植物精油与丁酸钠复合制剂作用效果较好。

表 2 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of plant essential oil and sodium butyrate compound preparation on growth performance of piglets

项目 Items	对照组 Control group	植物精油组 EO group	植物精油与丁酸钠复合组 ES group
始重 Initial weight/kg	11.15±0.24	11.20±0.25	11.18±0.29
末重 Final weight/kg	22.38±0.34[b]	22.97±0.33[ab]	23.14±0.34[a]
平均日采食量 ADFI/g	728.59±10.58[b]	759.38±9.59[a]	766.26±13.11[a]
平均日增重 ADG/g	401.06±4.69[b]	420.33±5.30[a]	427.62±6.01[a]
料重比 F/G	1.84±0.02	1.81±0.03	1.79±0.08

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪血清抗氧化指标的影响

由表 3 可知，试验第 14 天，EO 和 ES 组血清总抗氧化能力显著高于对照组（$P<0.05$），血清丙二醛含量显著低于对照组（$P<0.05$）。试验第 28 天，EO 组血清总抗氧化能力显著高于对照组（$P<0.05$），血清总超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量与对照组相比无显著差异（$P>0.05$）。由此可见，饲粮中添加植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂均能提高仔猪的抗氧化能力。

表 3 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 3 Effects of plant essential oil and sodium butyrate compound preparation on serum antioxidant index of piglets

时间 Time	项目 Items	对照组 Control group	植物精油组 EO group	植物精油与丁酸钠复合组 ES group
第 14 天 The 14th day	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	2.03±0.07[b]	2.45±0.04[a]	2.36±0.03[a]
	总超氧化物歧化酶 T-SOD /(U/mL)	85.62±2.58	98.33±3.71	99.12±2.56
	丙二醛 MDA/(nmol/mL)	3.62±0.05[a]	3.21±0.04[b]	2.95±0.04[c]
第 28 天 The 28th day	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	2.56±0.18[b]	3.77±0.18[a]	3.58±0.21[b]
	总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	63.11±0.52	74.31±0.85	76.18±0.50
	丙二醛 MDA/(nmol/mL)	3.78±0.15	3.56±0.14	3.45±0.17

2.3 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪粪便中大肠杆菌和乳酸杆菌数量的影响

由表 4 可知，与对照组相比，EO 和 ES 组仔猪第 7、14 和 21 天粪便中大肠杆菌数量均显著降低（$P<0.05$），ES 组仔猪第 28 天粪便中大肠杆菌数量显著降低（$P<0.05$）；ES 组仔猪第 7 和 14 天粪便中大肠杆菌数量显著低于 EO 组（$P<0.05$）。与对照组相比，EO 和 ES 组仔猪第 7 和 14 天粪便中乳酸杆菌数量均显著提高（$P<0.05$）；ES 组仔猪第 7 天粪便中乳

酸杆菌数量显著高于 EO 组（$P<0.05$），ES 组仔猪第 21 天粪便中乳酸杆菌数量显著高于对照组（$P<0.05$）。由此可见，饲粮中添加植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂均能提高仔猪粪便中乳酸杆菌数量，降低粪便中大肠杆菌的数量，植物精油与丁酸钠复合制剂作用效果较好。

表 4　植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪粪便中大肠杆菌和乳酸杆菌数量的影响

Table 4　Effects of plant essential oil and sodium butyrate compound preparation on fecal *Escherichia coli* and *Lactobacillus* number of piglets

项目 Items	时间 Time	对照组 Control group	植物精油组 EO group	植物精油与丁酸钠复合组 ES group
大肠杆菌 *Escherichia coli*	第 7 天 The 7th day	7.61±0.19[a]	6.89±0.15[b]	6.52±0.24[c]
	第 14 天 The 14th day	7.82±0.26[a]	7.01±0.13[b]	6.76±0.21[c]
	第 21 天 The 21st day	7.79±0.27[a]	6.85±0.19[b]	6.63±0.16[b]
	第 28 天 The 28th day	7.93±0.27[a]	7.65±0.19[ab]	7.53±0.16[b]
乳酸杆菌 *Lactobacillus*	第 7 天 The 7th day	8.24±0.18[c]	8.75±0.26[b]	9.22±0.22[a]
	第 14 天 The 14th day	8.31±0.29[b]	8.88±0.21[a]	8.93±0.15[a]
	第 21 天 The 21st day	8.55±0.19[b]	8.77±0.11[ab]	9.10±0.25[a]
	第 28 天 The 28th day	8.65±0.23	8.89±0.21	8.97±0.21

2.4　植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪粪便氨逸失相关指标的影响

由表 5 可知，第 14 天时，与对照组相比，EO 和 ES 组仔猪粪便中氨态氮含量分别减少了 16.9%（$P<0.05$）和 25.1%（$P<0.05$），仔猪粪便中脲酶活性分别降低了 17.5%（$P<0.05$）和 23.0%（$P<0.05$）；其中 ES 组仔猪粪便中氨态氮含量显著低于 EO 组（$P<0.05$）。第 28 天时，与对照组相比，EO 和 ES 组仔猪粪便中氨态氮含量分别减少了 10.8%（$P<0.05$）和 21.2%（$P<0.05$），仔猪粪便中脲酶活性分别降低了 10.6%（$P<0.05$）和 25.4%（$P<0.05$）；其中 ES 组仔猪粪便中氨态氮含量和脲酶活性均显著低于 EO 组（$P<0.05$）。由此可见，饲粮中添加植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂均显著降低仔猪粪便中氨态氮含量和脲酶活性，植物精油与丁酸钠复合制剂作用效果较好。

表 5　植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪粪便氨逸失相关指标的影响

Table 5　Effects of plant essential oil and sodium butyrate compound preparation on ammonia loss related index of weaned piglets

时间 Time	项目 Items	对照组 Control group	植物精油组 EO group	植物精油与丁酸钠复合组 ES group
第 14 天 The 14th day	氨态氮 Ammonia nitrogen/(mg/L)	48.33±1.56[a]	40.15±1.13[b]	36.20±1.22[c]
	脲酶活性 Urease activity/(mg/g）	26.14±1.33[a]	21.56±1.35[b]	20.21±0.86[b]
第 28 天 The 28th day	氨态氮 Ammonia nitrogen/(mg/L)	41.63±0.59[a]	36.89±0.89[b]	32.56±0.73[c]
	脲酶活性 Urease activity/(mg/g）	31.36±0.61[a]	28.03±0.96[b]	23.40±0.68[c]

3 讨 论

3.1 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪生长性能的影响

周选武等[13]研究了植物精油对断奶仔猪生长性能、血液指标及免疫能力的影响，发现饲粮中添加 200 mg/kg 植物精油可以提高断奶仔猪免疫能力，增强断奶后仔猪健康，促进断奶仔猪生长。柘丽等[14]研究发现，在母猪妊娠后期及泌乳期间添加微囊丁酸钠可以提高母猪泌乳期采食量，减少泌乳期掉膘，缩短断奶后的发情间隔，同时提高其后代仔猪的初生重及断奶重。本试验使用的植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂，通过微囊包被工艺生产，具有肠道缓释功能。试验结果表明，植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂均可以提高仔猪生长性能，且植物精油与丁酸钠复合制剂的效果优于植物精油制剂，说明植物精油和丁酸钠在改善仔猪生长性能方面存在积极的互作效应。

3.2 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪血清抗氧化指标的影响

植物精油的活性成分主要包括酯类、酚类、芳香烃类、醛类、醇类等化合物，具有清除自由基，抗氧化作用。段晓玲等[15]研究发现，白桦叶精油在抑菌和抗氧化等深加工产品领域具有潜在开发价值。岳敏等[16]研究发现，饲粮中添加丁酸钠可以显著改善妊娠期和泌乳期母猪的生长性能和初生仔猪的生长性能，显著提高母猪血清超氧化物歧化酶的活性，并显著降低血清丙二醛的含量。鞠婷婷等[17]研究发现，丁酸钠和包膜丁酸钠都可以改善脂多糖（LPS）应激下肉鸡的营养代谢，维持机体抗氧化功能，增强抗炎功能。本研究发现，试验第 14 天，EO 和 ES 组仔猪血清总抗氧化能力和总超氧化物歧化酶活性均显著高于对照组，血清丙二醛含量显著低于对照组。试验结果表明，植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂均可有效改善断奶仔猪的抗氧化能力。

3.3 植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪肠道菌群的影响

仔猪腹泻病是规模化养猪场高度重视的一个问题，不少学者认为，肠道菌群紊乱是导致仔猪腹泻病发生的一个重要且直接的诱因[18]。通过测定粪便中菌群变化，能够推测消化道内微生物区系的变化情况[19]。Li 等[20]在仔猪饲粮中添加肉桂醛和百里香酚的植物精油复合物后发现，植物精油组仔猪粪便中大肠杆菌的数量显著减少，乳酸杆菌的数量显著增加，仔猪第 1 周的腹泻率显著低于对照组，说明植物精油发挥抑菌作用对动物体内的肠道菌群产生了有利影响。同时，丁酸钠在改善肠道菌群方面也有较多报道。Lu 等[21]研究发现，饲粮添加 1 000 mg/kg 丁酸钠可以显著提高断奶仔猪的生长性能，减少肠道梭菌和大肠杆菌的数量。Cerisuelo 等[22]研究发现，植物精油与丁酸钠复合可以有效控制沙门氏菌的增殖。除了可以抑制沙门氏菌外，植物精油与丁酸钠复合可以有效抑制大肠杆菌和产气荚膜梭菌的增殖[12]。Jerzsele 等[23]研究发现，姜油、香芹酚及丁酸钠的复合物具有治疗和预防坏死性肠炎的潜力。

本研究发现，饲粮中添加植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪粪便中大肠杆菌和乳酸杆菌数量均有影响，且植物精油与丁酸钠复合制剂效果优于植物精油制剂。目前还很难了解植物精油与丁酸钠联合抗菌效果增加的确切机制，较为一致的观点认为，植物精油与丁酸钠在共同的作用靶点细胞膜上存在协同效应，加速了细胞膜结构的消解和功能的丧失。

3.4　植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪粪便氨逸失相关指标的影响

集约化养殖过程中，动物排泄物在微生物和各种酶的作用下分解产生氨气（NH_3）、硫化氢（H_2S）等有害气体，不仅危害动物和人类健康，降低动物福利，而且发展成为污染环境的一大公害。脲酶是加速粪尿分解的关键酶之一，通过抑制脲酶活性减少氨气挥发量是其中一种有效的手段。肉桂醛被证实是一种很有效的脲酶抑制剂。汪善锋[24]在生长猪饲粮中添加 120 mg/kg 的肉桂醛，发现试验组的粪样脲酶活性显著降低，粪尿混合物中氨态氮含量下降，总氮保持率提高，从而延缓了尿素分解，降低了猪舍氨气浓度。周延州等[25]研究结果表明，250 mg/kg 的微囊化肉桂醛显著降低了猪舍氨气浓度，提高了断奶仔猪的平均日增重；添加量提高到 350 mg/kg 时，饲粮的蛋白质消化率、总氮保持率和血清总蛋白含量显著提高，粪便中微生物产生的脲酶活性显著下降，显著减缓了粪尿混合物中尿素分解速度。本试验的研究结果与其基本一致，与对照组相比，EO 和 ES 组第 14 和 28 天的粪便中脲酶活性及氨态氮含量均显著降低，植物精油与丁酸钠复合制剂对脲酶活性的抑制作用又强于单独使用植物精油制剂。可见，植物精油与丁酸钠复合制剂对脲酶活性的抑制更强，这对于降低仔猪氨气排放，改善畜舍环境具有重要的意义。

4　结　论

植物精油制剂和植物精油与丁酸钠复合制剂对仔猪生长性能、血清抗氧化指标、粪便菌群及氨逸失都有积极的影响，且植物精油与丁酸钠复合制剂的效果更好。

参考文献：

[1]　ZENG Z K,XU X,ZHANG Q,et al.Effects of essential oil supplementation of a low-energy diet on performance,intestinal morphology and microflora,immune properties and antioxidant activities in weaned pigs[J].Animal Science Journal,2015,86(3):279–285.

[2]　贾聪慧,陈旻远,杨彩梅,等.植物精油对单胃动物生产性能与健康的调控[J].动物营养学报,2015,27(4):1055–1060.

[3]　ALIPOUR F,HASSANABADI A,GOLIAN A,et al.Effect of plant extracts derived from thyme on male broiler performance[J].Poultry Science,2015,94(1):2630–2634.

[4]　KOTUNIA A,WOLIŃSKI J,LAUBITZ D,et al.Effect of sodium butyrate on the small intestine development in neonatal piglets fed by artificial sow[J].Journal of Physiology and Pharmacology,2004,55（Suppl 2）:59–68.

[5]　钮海华,王勇,马文强,等.包膜丁酸钠对仔猪肠道微生物细菌数量的影响[J].饲料研究,2010(11):34–36.

[6]　LEESON S,NAMKUNG H,ANTONGIOVANNI M,et al.Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens[J].Journal of Poultry Science,2005,84(9):418–1422.

[7]　MANZANILLA E G,NOFRARÍAS M,ANGUITA M,et al.Effects of butyrate,avilamycin,and a plant extract combination on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs[J].Journal of Animal Science,2006,84(10):2743–2751.

[8]张浩,董磊,王英俊,等.丁酸甘油酯对肉鸡生长性能、养分表观消化率、屠宰性能、肠道形态及微生物菌群的影响[J].中国畜牧兽医,2016,43(8):2013–2019.
[9]张勇,王萌,李方方,等.三丁酸甘油酯和牛至油对断奶仔猪生长性能、血清生化指标和营养物质表观消化率的影响[J].动物营养学报,2016,28(9):2786–2794.
[10] MA X,FAN P X,LI L S,et al.Butyrate promotes the recovering of intestinal wound healing through its positive effect on the tight junctions[J].Journal of Animal Science,2012,90(S4):266–268.
[11] WEN Z S,LU J J,ZOU X T.Effects of sodium butyrate on the intestinal morphology and DNA-binding activity of intestinal nuclear factor-κB in weanling pigs[J].Journal of Animal and Veterinary Advances,2012,11(6):814–821.
[12] 韩乾杰,张玲玲,陈敏,等.植物精油与丁酸钠的体外协同抑菌效果研究[J].动物营养学报,2017,29(2):712–718.
[13] 周选武,杨开云,陈代文,等.饲粮添加抗生素和植物精油对母猪生产性能、免疫功能和乳成分的影响[J].动物营养学报,2017,29(3):995–1002.
[14] 柘丽,余蓉,侯佳,等.饲粮添加微囊丁酸钠对母猪及后代生产性能的影响[J].饲料工业,2016,37(18):12–15.
[15] 段晓玲,王海英,杨国亭,等.白桦叶精油的抑菌和抗氧化活性成分分析[J].安徽农业科学,2014,42(33):11746–11748,11777.
[16] 岳敏,许丽,方翠林,等.丁酸钠对母猪生产性能和抗氧化功能及后代仔猪生长的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(23):44–47.
[17] 鞠婷婷,郭孝烨,隋佳佳,等.不同剂型丁酸钠对脂多糖应激肉鸡血清生化指标、抗氧化和抗炎功能的影响[J].动物营养学报,2015,27(10):3146–3154.
[18] 禹慧明,廖玲,陈平洁,等.断奶仔猪肠道菌群的研究[J].中国微生态学杂志,2000,12(2):81–82.
[19] 刘猛,王桂荣,王慧军,等.中国生猪饲养的发展出路——生态养猪[J].中国农学通报,2010,26(8):254–258.
[20] LI P F,PIAO X S,RU Y J,et al.Effects of adding essential oil to the diet of weaned pigs on performance,nutrient utilization,immune response and intestinal health[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2012,25(11):1617–1626.
[21] LU J J,ZOU X T,WANG Y M.Effects of sodium butyrate on the growth performance,intestinal microflora and morphology of weanling pigs[J].Journal of Animal and Feed Science,2008,17(4):568–578.
[22] CERISUELO A,MARÍN C,SÁNCHEZ-VIZCAÍNO F,et al.The impact of a specific blend of essential oil components and sodium butyrate in feed on growth performance and *Salmonella* counts in experimentally challenged broilers[J].Poultry Science,2014,93(3):599–606.
[23] JERZSELE A,SZEKER K,CSIZINSZKY R,et al.Efficacy of protected sodium butyrate,a protected blend of essential oils,their combination,and *Bacillus amyloliquefaciens* spore suspension against artificially induced necrotic enteritis in broilers[J].Poultry Science,2012,91(4):837–843.

[24] 汪善锋.樟属皮提取物对生长猪粪污中氨释放的影响及其机理研究[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2004.
[25] 周延州,陈安国.菊粉资源的开发及利用[J].饲料工业,2005,26(1):49–52.

Effects of Plant Essential Oil and Sodium Butyrate Compound Preparation on Growth Performance, Serum Antioxidant Index, Fecal Flora and Ammonia Loss of Weaner Piglets[1]

ZHANG Lingling[1] FENG Jie[2] LI Hui[3] ZENG Xinfu[3] YANG Caimei[1,3*]
(1. *College of Animal Science and Technology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an* 311300, *China*; 2. *College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou* 310058, *China*; 3. *Zhejiang Wanfang Biotechnology Co., Ltd., Anji* 313307, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of plant essential oil and sodium butyrate compound preparation on growth performance, serum antioxidant index, fecal flora and ammonia loss of weaner piglets. A total of 300 healthy 28-day-old "Duroc×Langdrance×Large White" piglets with an average body weight of (11.20±0.29) kg were randomly allocated to 3 groups with 4 replicates per group and 25 piglets per replicate. Piglets in the control group were fed a basal diet, piglets in the plant essential oil group (EO group) were fed the basal diet+1 000 mg/kg plant essential oil preparation, and piglets in the plant essential oil and sodium butyrate compound group (ES group) were fed the basal diet+1 000 mg/kg plant essential oil and sodium butyrate compound preparation. The experiment lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) compared with the control group, the final weight of EO and ES groups was increased by 2.64% (P>0.05) and 3.40% (P<0.05), respectively; the average daily gain of EO and ES groups was increased by 4.74% (P<0.05) and 6.48% (P<0.05), respectively. The average daily feed intake of EO and ES groups was significantly higher than that of control group (P<0.05), and the ratio of feed to gain was lower that of control group (P>0.05). 2) At the 14th day, the serum total antioxidant capacity (T-AOC) of EO and ES groups was significantly higher than that of control group (P<0.05), the serum malondialdehyde (MDA) was significantly lower than that of control group (P<0.05). At the 28th day, the T-AOC of EO group was significantly higher than that of control group (P<0.05). 3) The fecal *Escherichia coli* number of EO and ES groups was significantly lower than that of control group at the 7th, 14th and 21st days (P<0.05), the fecal *Escherichia coli* number of ES group was significantly lower than that of EO group at the 7th and 14th days (P<0.05). The fecal *Lactobacillus* number of EO and ES groups was significantly higher than that of control group at the 7th and 14th days (P<0.05), the fecal *Lactobacillus* number of ES group was significantly higher than that of EO group at the 7th day (P<0.05), the fecal *Lactobacillus* number of ES group was significantly higher than that of control group at the 21st day (P<0.05). 4) The fecal ammoniacal nitrogen content and urease activity of EO and ES groups were significantly lower than those of control group at the 14th and 28th days (P<0.05). At the 14th day, the fecal ammoniacal nitrogen content of ES group was significantly lower than that of EO group (P<0.05); at the 28th day, the fecal ammoniacal nitrogen content and urease activity of ES group were significantly lower

than those of EO group (P<0.05). The results suggested that both plant essential oil preparation and plant essential oil and sodium butyrate compound preparation have positive effect on growth performance, serum antioxidant indices, fecal flora and ammonia loss of piglets, and the plant essential oil and sodium butyrate compound preparation has better effect.

Key words: plant essential oil; sodium butyrate; piglets; growth performance; microbial flora

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: yangcaimei2012@163.com (责任编辑　武海龙)